



**You have downloaded a document from  
RE-BUS  
repository of the University of Silesia in Katowice**

**Title:** Rzeźba eoliczna okolic Basenu Arcachon (atlantyckie wybrzeże Francji)

**Author:** Ewelina Jaruchiewicz, Tadeusz Szczypek

**Citation style:** Jaruchiewicz Ewelina, Szczypek Tadeusz. (2011). Rzeźba eoliczna okolic Basenu Arcachon (atlantyckie wybrzeże Francji). "Acta Geographica Silesiana" ([T.] 9 (2011), s. 11-21).



Uznanie autorstwa - Użycie niekomercyjne - Bez utworów zależnych Polska - Licencja ta zezwala na rozpowszechnianie, przedstawianie i wykonywanie utworu jedynie w celach niekomercyjnych oraz pod warunkiem zachowania go w oryginalnej postaci (nie tworzenia utworów zależnych).



UNIwersYTET ŚLĄSKI  
W KATOWICACH



Biblioteka  
Uniwersytetu Śląskiego



Ministerstwo Nauki  
i Szkolnictwa Wyższego

Ewelina Jaruchiewicz, Tadeusz Szczypek

Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec

## RZEŹBA EOLICZNA OKOLIC BASENU ARCACHON (ATLANTYCKIE WYBRZEŻE FRANCJI)

Ярухевич Э., Щипек Т. **Эоловый рельеф окрестностей Бассейна Аркашон (атлантическое побережье Франции).** Дюны окрестностей Бассейна Аркашон подразделяются на: А – формы в настоящее время внутриматериковые: 1) старые параболические дюны, возникшие в начале II тысячелетия до н.э., 2) барханные цепи и одиночные барханы, возраст которых до сих пор еще точно не определен, хотя они моложе параболических, а также Б) современные береговые дюны, которые образовались не позже чем в I веке н.э. Обе группы дюн выступают результатом перевеса западными ветрами четвертичных отложений: А – плейстоценовых, называемых песками Ландов (*Landes*), Б – голоценовых морских и пляжевых.

Специфической морфологической составляющей ландшафта является самая высокая в Европе дюна – Пыля *Pyla* (Пилат *Pilat*), достигающая 108,2 м (абсолютной) высоты. Она постепенно развивается с 3700 лет, а сама образовалась в конце XIX века за счет материала выносимого из Бассейна Аркашон, а также из абрадируемого песка побережья. Средние темпы перемещения данной дюны составляют 1–5 м/год. Механические свойства поверхностных песков дюны на фоне пляжевых и морских отложений представлены на рис. 11 и 12.

Jaruchiewicz E., Szczypek T. **Aeolian relief of the neighbourhood of Arcachon basin (Atlantic coast of France).** Dunes of the Arcachon Basin environs can be divided into: A – actually continental landforms: 1) old parabolic dunes, formed at the beginning of the second millennium BC, 2) chains of barchans and single barchans, age of which is not yet definitively determined, although they are slightly younger from the parabolic ones, and B) present-day coastal dunes, which have originated not later than in the first century AD. Both groups of dunes are the result of the Quaternary deposits blowing away by westerly winds: A – Pleistocene, today called sands of Landes, B – Holocene – maritime and beach.

A specific morphological landscape element is the highest dune in Europe – the Great Dune of Pyla (Pilat), reaching a height of 108,2 m (a.s.l.). It has been developed gradually for about 3700 years and it has finally originated at the end of the 19<sup>th</sup> century from material taken out from the Arcachon Basin and abraded coast material. The average rate of this dune translocation amounts to about 1–5 m/year. Mechanical features of this dune surface material against a background of beach and maritime deposits were presented in fig. 11 and 12.

**Słowa kluczowe:** wydmy przybrzeżne, wydma Pyla, wydmy Landów, Zatoka Arcachon, mechaniczne cechy piasków eolicznych

### Zarys treści

Wydmy okolic Basenu Arcachon można podzielić na: A – formy aktualnie kontynentalne: 1) stare wydmy paraboliczne, powstałe na początku II tysiąclecia p.n.e., 2) łańcuchy barchanów i pojedyncze barchany, których wiek nie jest jeszcze ostatecznie określony, choć są nieco młodsze od parabolicznych, oraz B) współczesne wydmy nadmorskie, które powstały nie później niż w I wieku n.e. Obie grupy wydym są wynikiem przewiewania przez wiatry zachodnie osadów czwartorzędowych: A – plejstoceńskich, zwanych dzisiaj piaskami Landów, B – holoceneńskich morskich i plażowych.

Specyficznym morfologicznym elementem krajobrazowym jest najwyższa wydma w Europie – Pyla (Pilat), osiągająca wysokość 108,2 m (n.p.m.). Rozwija się ona stopniowo od około 3700 lat i ostatecznie powstała pod koniec XIX wieku, z materiału wynoszonego z Basenu Arcachon oraz z abradowanego materiału wybrzeża. Średnie tempo przemieszczania się tej wydmy wynosi około 1–5 m/rok. Mechaniczne cechy powierzchniowego mate-

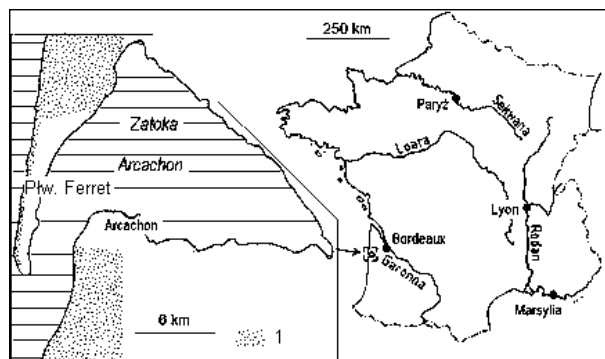
riału wydmy na tle utworów plażowych i morskich przedstawiono na rys. 11 i 12.

### WSTĘP

Basen Arcachon stanowi jedyną, typową przybrzeżną zatokę-lagunę urozmaicającą jednolite zachodnie – akwitańskie wybrzeże Francji. Początek rozwoju tego akwenu przypada na schyłek transgresji flandryjskiej, czyli około 5000 BP (RIBATET, 1997 i in.; por. JARUCHIEWICZ, SZCZYPEK, 2010). Zatoka ta rozwijała się etapowo, odzwierciedlając pojawiające się na przemian transgresje i regresje morskie. Ich efektem była jednocześnie ewolucja wybrzeża m. in. środkowej części dzisiejszej Zatoki Biskajskiej, zarówno wzdłuż Płw. Ferret i dalej na północ, jak na południe od Zatoki Arcachon. Przejawiała się ona w postaci akumulacji piasków wynoszonych ze wspomnianej zatoki, a także w postaci abrazji brzegów, zwłaszcza na południe od Basenu Arcachon. Skutkiem wynoszonego

i następnie akumulowanego przez prądy materiału piaszczystego jest istnienie częściowo wynurzonej Ławicy Arguin (MANAUD, 1971; FAUGERES et al., 1986; PELLEGRIN, COMREGES, HERAND PINA, 1994; DE LAITRE et al., 1997; MALEVAL, 1997; MICHEL, HOWA, 1997; RIBATET, 1997).

W bezpośrednim sąsiedztwie Basenu Arcachon: od południa, zachodu i północy, występują obszary piaszczyste różnej genezy i wieku, które stanowią podłoże i źródło materiału dla współcześnie istniejących tu wydym (rys. 1). Podobnym źródłem jest wspomniana wyżej ławica.



Rys. 1. Basen Arcachon z przyległymi obszarami piaszczystymi ze zwydmioną powierzchnią (1)

Fig. 1. Arcachon Basin with adjacent sandy areas with dune surface (1)

Celem niniejszej pracy jest charakterystyka typowych dla tego obszaru form wydymowych, zarówno utrwalonych, jak i aktualnie rozwijających się.

## METODY BADAŃ

Pracę zrealizowano przede wszystkim na podstawie analizy literatury przedmiotu oraz materiałów kartograficznych. Przeprowadzono również badania laboratoryjne powierzchniowych próbek materiału piaszczystego, pobranego w terenie: z Ławicy Arguin, z dna Zatoki Biskajskiej tuż przy plaży przy wydymie Pyla, z plaży, ze stoku proksymalnego wspomnianej wydmy (bez podziału na poszczególne serie wydymowe, ogólnie zakładając takie samo źródło materiału), jej grzbietu i stoku dystalnego.

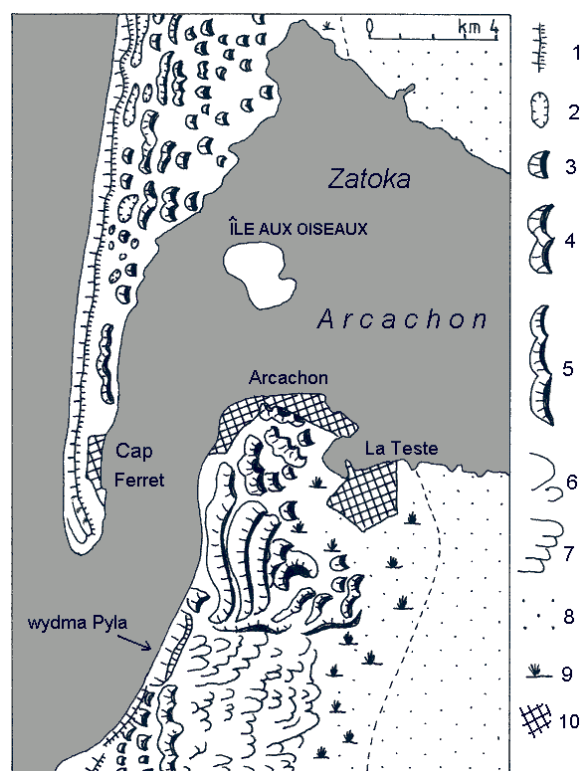
W trakcie badań materiału wykonano:

- analizy uziarnienia osadów tradycyjną metodą sitową, a uzyskane wyniki opracowano statystycznie, obliczając proste wskaźniki uziarnienia:  $M_z$  – średnią średnicę ziaren oraz  $\sigma$  – wskaźnik wysortowania, stosując wzory Folk'a i Warda (por. RACINOWSKI, SZCZYPEK, WACH, 2001),
- analizy stopnia obtoczenia ziaren kwarcu (0,8–1,0 mm):
  - mechaniczną (graniformametryczną) metodą KRYGOWSKIEGO (1964), obliczając: wskaźnik obróbki  $W_o$ , a także zawartość ziaren typu  $\gamma$  (obtoczonych),  $\beta$  (półobtoczonych) i  $\alpha$  (graniastych),
  - zmodyfikowaną metodą morfoskopową CAILLEUX (1942), określając zawartość ziaren typu RM

(okrągłych matowych), EL (okrągłych błyszczących), EM (pośrednich) i NU (ostrokrawędzistych).

## OBSZARY WYDMOWE W POBLIŻU BASENU ARCACHON

Basen Arcachon znajduje się w środkowo-zachodniej części krainy zwanej Landami Gaskonii. Sam basen (zatoła) jest otoczony głównie czwartorzędowymi osadami morskimi: od strony oceanu są to piaski holocenijskie, tworzące aktualnie charakterystyczny pas wydym nadbrzeżnych, zaś od strony lądu – piaski plejstocenijskie, nazywane piaskami Landów (BARRÈRE, 1978; *Atlas...*, 1993). O plejstocenijskim, konkretnie mezolitycznym wieku tych ostatnich świadczy kiel mamuta *Elephas primigenius*, znaleziony w glinach neogeńskich w Magescq, przykrytych przez te piaski, a także narzędzia krzemienne koło Sabres (obie miejscowości w południowej części Landów – na południe od obszaru badań). Osady te były akumulowane w okresie zimnym i chłodnym z rozwijającą się roślinnością stepową (BARRÈRE, 1963).



Rys. 2. Schemat rozmieszczenia wydym w najbliższym sąsiedztwie Basenu Arcachon (wg: FROIDEFOND, 2005):

1 – wydmy przednie, 2 – wydmy owalne, 3 – barchany, 4 – podwójne barchany (w kształcie litery W), 5 – łańcuchy barchanów, 6 – wydmy paraboliczne, 7 – wydmy paraboliczne złożone, 8 – plejstocenijskie piaski Landów, 9 – tereny zabagnione, 10 – tereny zabudowane

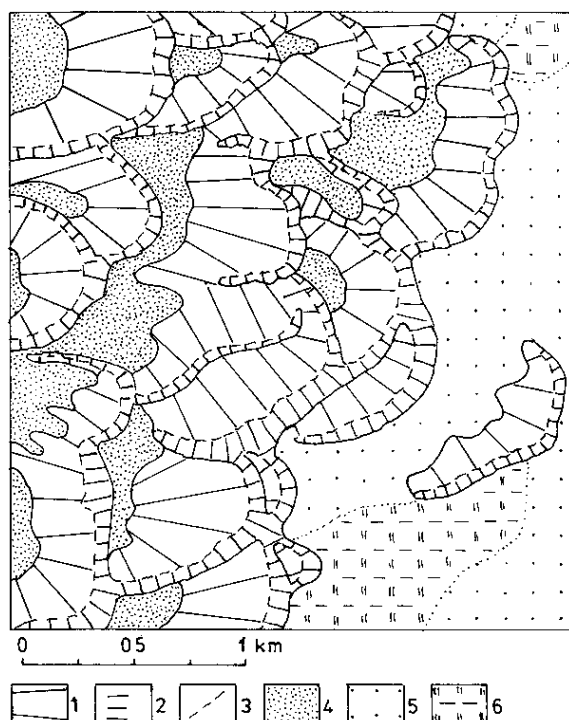
Fig. 2. Scheme of dune distribution in the nearest neighbourhood of the Arcachon Basin (after: FROIDEFOND, 2005):

1 – front dunes, 2 – oval dunes, 3 – barchans, 4 – double barchans (in the shape of letter W), 5 – chains of barchans, 6 – parabolic dunes, 7 – complex parabolic dunes, 8 – Pleistocene sands of Landes, 9 – swampy terrains, 10 – built-up area

Morfologia zachodniej części Landów została ukształtowana na skutek działalności wiatrów zachodnich podczas okresu suchego i zimnego, kiedy poziom morza podnosił się powoli.

Wydmyny Landów, w tym także okolic Basenu Arcachon, mają charakter złożony (rys. 2). Wyróżnia się tu trzy generacje wydm:

1. Wydmyny stare – paraboliczne, powstałe na początku drugiego tysiąclecia p.n.e. Tworzyły się one na powierzchni odsłanianej podczas odpływów. Występują stosunkowo daleko od brzegu. Mają wyraźnie zaznaczony kształt paraboli, uformowanej przez wiatry zachodnie (20–30 m wysokości, 50 m wysokości – por. rys. 3).



Rys. 3. Fragment obszaru z wydmami parabolicznymi na południe od Basenu Arcachon (rysunek na podstawie mapy *Bassin d'Arcachon*, 2002):

1 – stok proksymalny wydm, 2 – stok dystalny, 3 – linie grzbietowe, 4 – obniżenia międzywydmowe, 5 – piaski Landów, 6 – równina organogeniczna

Fig. 3. Fragment of area with parabolic dunes to the south of the Arcachon Basin (figure made on the base of map *Bassin d'Arcachon*, 2002):

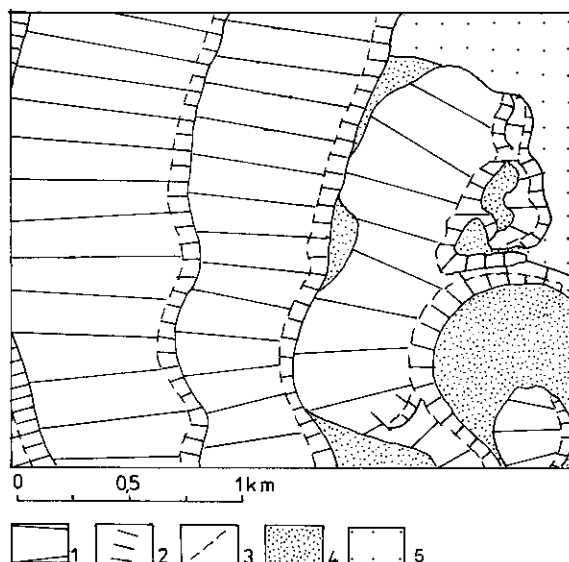
1 – windward slope of dunes, 2 – leeward slope, 3 – crest-lines, 4 – interdune depressions, 5 – sands of Landes, 6 – organogenic plain

Wydmyny te były niegdyś rozdzielone zatokami morskimi. Tworzą je piaski grubsze niż w wydmach młodszych, idealnie zaokrąglone i dobrze wysortowane na skutek procesów eolicznych. Uległy już pewnej ewolucji – mają w pokrywającej je glebie warstwę humusową oraz żelazistą. Są utrwalone przez lasy dębowe i sosnowe (morskie). Najwyższą z omawianych form *Truc de la Truque* (76 m n.p.m.), w której najbliższym sąsiedztwie występują wydmyny

o wysokościach 56–61 m n.p.m. Leżą one około 3 km na południe od miasta La Teste (około 0,5 km na północ od północnej ramki rys. 3) (BARRÈRE, 1963; PAPY, BARRÈRE, 1982).

2. Wydmyny młodsze – pojedyncze barchany i łańcuchy barchanów. Wiek tych form nie jest jeszcze dokładnie określony, nie jest też jasna ich geneza. Budują je piaski drobniejsze, zawierające mniej humusu, lepiej wysortowane.

Łańcuchy tworzą serie ułożone równolegle do wybrzeża (2, 4 lub 6 – na południe od Arcachon). Jak wynika z analizy mapy *Bassin d'Arcachon* (2002), mają one również przekrój asymetryczny, cechują się szerokością rzędu 300–700 m, długością od około 2 do ponad 5 km, osiągając jednocześnie wysokość od około 20 do 58 m n.p.m. Część z omawianych łańcuchów barchanów uległa tu – analizując wspomnianą mapę – deformacji w tym sensie, że wyraźnie zatarty się w nich indywidualne cechy barchanów z ramionami wysuniętymi do przodu. Z tego względu przypominają one raczej wydmyny wałowe poprzeczne (rys. 4).



Rys. 4. Fragment obszaru łańcuchami barchanowymi na południe od Basenu Arcachon (rysunek na podstawie mapy *Bassin d'Arcachon*, 2002):

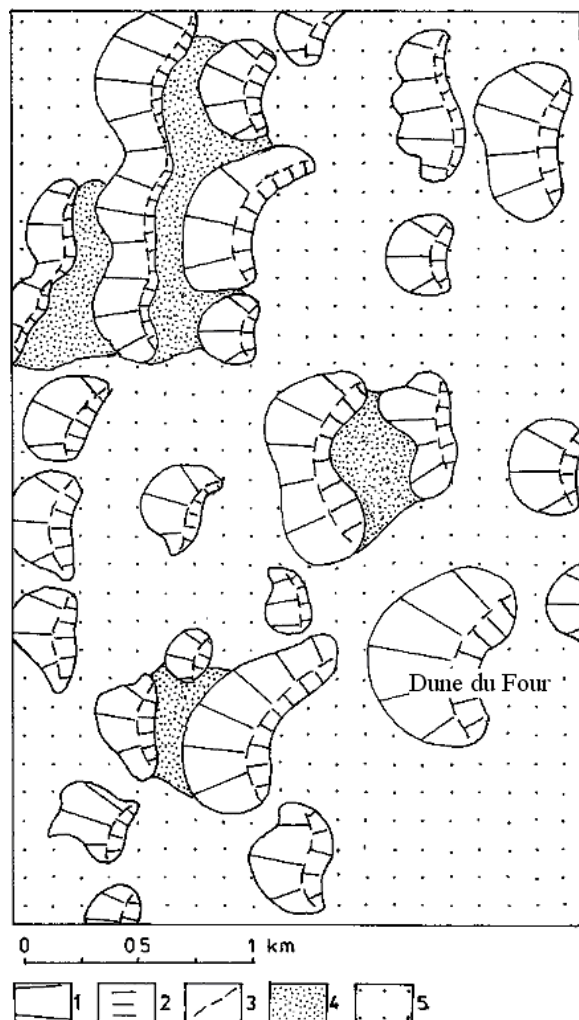
1 – stok proksymalny wydm, 2 – stok dystalny, 3 – linie grzbietowe, 4 – obniżenia międzywydmowe, 5 – piaski Landów

Fig. 4. Fragment of area with barchan chains to the south of the Arcachon Basin (figure made on the base of map *Bassin d'Arcachon*, 2002):

1 – windward slope of dunes, 2 – leeward slope, 3 – crest-lines, 4 – interdune depressions, 5 – sands of Landes

Omawiane wydmyny rozwinęły się, jak wspomniano, zarówno na południe od Basenu Arcachon, jak i – przede wszystkim – na płw. Ferret i na północ od niego. W tym miejscu, jak wynika z mapy *Bassin d'Arcachon* (2002), dominują pojedyncze barchany, łańcuchy są tu natomiast słabiej wy-

kształcone i rzadziej spotykane. Część pojedynczych barchanów tworzy formy duże i masywne o szerokościach około 400–500 m i długościach do 700–800 m. Barchany osiągają wysokość od około 20 m n.p.m. do 41 m n.p.m. (*Dune du Four* – i 45 m n.p.m. (*Dune de la Doucine* – około 4 km na NW od północnego krańca Basenu Arcachon) (rys. 5).



Rys. 5. Fragment obszaru głównie z pojedynczymi barchanami w północnej części Płw. Ferret (rysunek na podstawie mapy *Bassin d'Arcachon*, 2002):

1 – stok proksymalny wydmy, 2 – stok dystalny, 3 – linie grzbietowe, 4 – obniżenia międzywydmowe, 5 – piaski Landów

Fig. 5. Fragment of area with mainly single barchans in the northern part of the Ferret Peninsula (figure made on the base of map *Bassin d'Arcachon*, 2002):

1 – windward slope of dunes, 2 – leeward slope, 3 – crest-lines, 4 – interdune depressions, 5 – sands of Landes

Zarówno na obszarze położonym na południe od Basenu Arcachon, jak i na Płw. Ferret i dalej na północ, między pojedynczymi barchanami, a czasem i między łańcuchami tych wydmy, występują wyraźne obniżenia, często podmokłe, zabagnione, które są

tu nazywane *lèdes*, np. *Lède du Pigeon*, *Lède du Magorn Blanc*.

3. Wydmy współczesne – ściśle związane z wybrzeżem morskim. Są efektem przewiewania i transportu osadów morskich i plażowych. Powstały one najpóźniej w I wieku naszej ery. Wyrównały one ówczesną linię brzegową, oddzielając od otwartego morza wspomniane wyżej zatoki i tworząc z nich jeziora przybrzeżne, mniejsze od Basenu Arcachon, np. leżące na południe od niego *Lac de Cazaux et de Sanguinet* oraz *Lac de Biscarrose et de Parentis* (BARRÈRE, 1963; PAPY, BARRÈRE, 1982). Jediną nieodciętą zatoką, ze względu na sposób krążenia w niej wody i przedostawanie się jej do morza, jest Basen Arcachon.

Wśród wydmy współczesnych wyróżnia się tu niskie wydmy przednie, zwłaszcza na Płw. Ferret, gdzie ciągną się równoległe do linii brzegowej na odcinku wielu kilometrów, a także wydmy poprzeczne, wśród których dominuje wydma Pyla (*dune du Pyla*, *dune du Pilat*). Ze względu na swą unikatowość wymaga ona oddzielnego omówienia.

## WYDMA PYLA

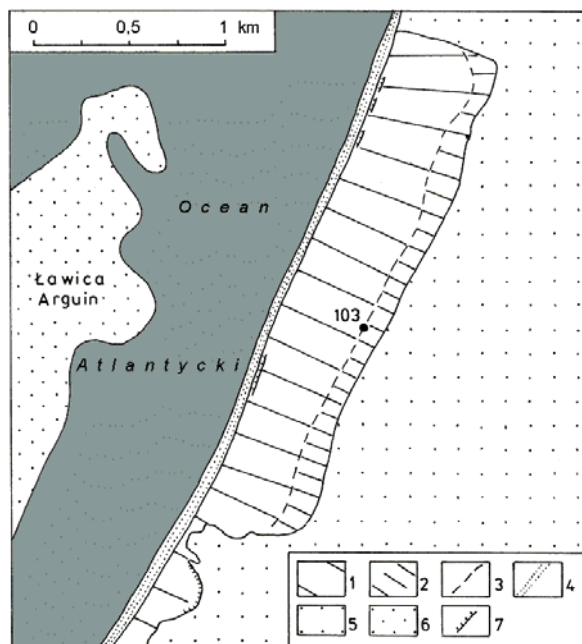
### Lokalizacja i cechy morfologiczne

Wydma Pyla stanowi niepowtarzalny i wyraźnie wyróżniający się obiekt krajobrazowy na tle piaszczystego wybrzeża Akwitarii, położony w strefie ujściowej Basenu Arcachon. Jest to wydma poprzeczna o długości około 2,7 km, szerokości około 500 m i zmiennej wysokości: mapa *Bassin d'Arcachon* (2002) określa jej kulminację na 103 m n.p.m., zaś szczegółowe pomiary geodezyjne z roku 2009 – na 107,9 m n.p.m., a z roku 2010 – na 108,2 m n.p.m. (MUGICA *et al.*, 2010). To samo źródło jednocześnie podaje, że najniższy punkt grzbietu wydmy w 2009 roku był położony na wysokości 45,7 m n.p.m., w roku 2010 natomiast – 58,7 m n.p.m. (rys. 2, 6–7, fot. 1–3). Należy też dodać, co oczywiste, że linia grzbietowa tej formy ulega ciągłym przesunięciom. Objętość omawianej wydmy jest oceniana na około 60 mln m<sup>3</sup> (PASKOFF, 1997 i in.).

Stoki wydmy Pyla są asymetryczne, przy czym kąty ich nachylenia również podlegają zmianom: np. wg PASKOFF'a (1997) i FROIDEFOND'a (2005) stok proksymalny osiągał w wielu latach obserwacji nachylenie 5–20°, dystalny – 30–40°, wg MUGICA *et al.* (2010) w okresie 2009–2010 natomiast – odpowiednio: 7–13° oraz 19–29°. Różne jest również ukształtowanie stoków: na proksymalnym obserwuje się zarówno wyraźne oznaki akumulacji i przemieszczania piasku ku grzbietowi wydmy (por. fot. 1), jak i efekty niszczenia stoku w postaci deflacyjnych form wklęsłych i wypukłych, utrwalaonych przez roślinność trawiastą (fot. 4). Z kolei stok dystalny jest morfologicznie zdecydowanie bardziej jednorodny. Najczę-



ciemiej występują na nim różnej wielkości języki osypiskowe (fot. 5).

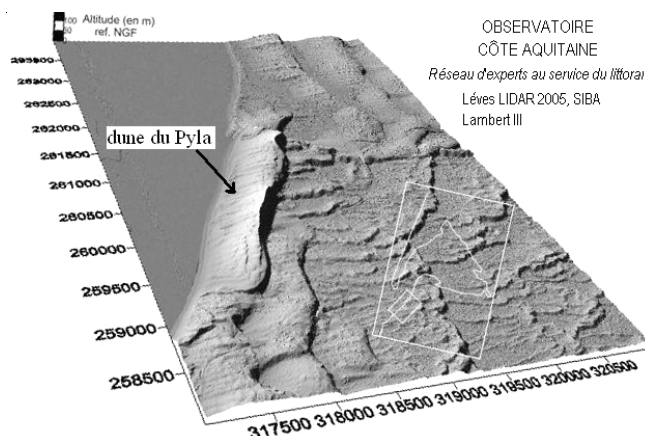


Rys. 6. Szkic geomorfologiczny wydmy Pyla (na podstawie mapy Bassin d'Arcachon (2002):

1 – stok proksymalny wydmy, 2 – stok dystalny, 3 – linia grzbietowa, 4 – plaża, 5 – piaski Landów (łącznie ze starszymi formami wydnowymi – por. rys. 7), 6 – łacha Arguin, 7 – podcięcia abrazyjne

Fig. 6. Geomorphological scheme of dune Pyla (based on the map Bassin d'Arcachon (2002):

1 – windward slope, 2 – leeward slope, 3 – crest line, 4 – beach, 5 – sands of Landes (with older dune forms – see fig. 7), 6 – bar Arguin



Rys. 7. Model wydmy Pyla (Pilat) na tle pozostałych wydym Landów Gaskonii (wg: MUGICA *et al.*, 2010)

Fig. 7. Model of the Great Dune of Pyla (Pilat) against a background of remaining dunes of Landes of Gascony (after: MUGICA *et al.*, 2010)



Fot. 1. Wydma Pyla – widok z południa (źródło: Larrousi-  
ney at fr. Wikipedia, 2006)

Photo 1. Dune Pyla – view from south (source: Larrousi-  
ney at fr. Wikipedia, 2006)



Fot. 2. Wydma Pyla – widok z południo-wschodu (źródło:  
internet, 2005)

Photo 2. Dune Pyla – view from south-east (source: inter-  
net, 2005)



Fot. 3. Wydma Pyla – widok z północo-wschodu (źródło:  
Photobucket Corporation – internet, bez daty)

Photo 3. Dune Pyla – view from north-east (source: Photo-  
bucket Corporation – internet, without date)



Fot. 4. Fragment stoku proksymalnego wydmy Pyla o charakterze deflacyjnym (fot. E. Jaruchiewicz, 2007)  
Photo 4. Fragment of windward slope of the Great Dune of Pyla of deflative character (photo by E. Jaruchiewicz, 2007)



Fot. 5. Fragment stoku dystalnego wydmy Pyla z językami osypiskowymi (fot. E. Jaruchiewicz, 2008)  
Photo 5. Fragment of leeward slope of the Great Dune of Pyla with talus tongues (photo by E. Jaruchiewicz, 2008)

## Geneza i rozwój wydmy

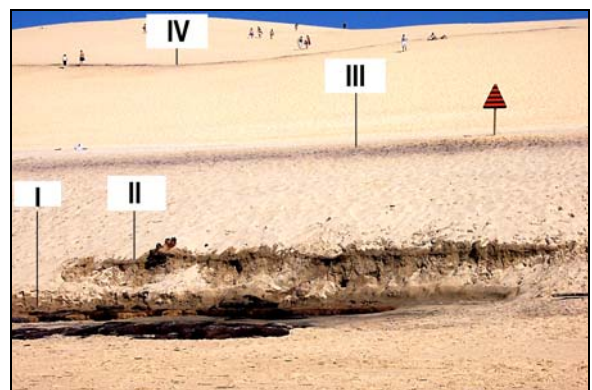
Fomy eoliczne na miejscu dzisiejszej wydmy Pyla są – najogólniej mówiąc – efektem wiatrowej akumulacji piasku, pochodzącego z przesuszonych osadów wynoszonych z kształtującego się Basenu Arcachon, a także z abrazji brzegu morskiego. Materiał ten był stopniowo transportowany w kierunku południowo-wschodnim.

Etapy rozwoju wspomnianych form i dzisiejszej wydmy Pyla, a także starszych wydym w jej sąsiedztwie przedstawiają rys. 8–10.

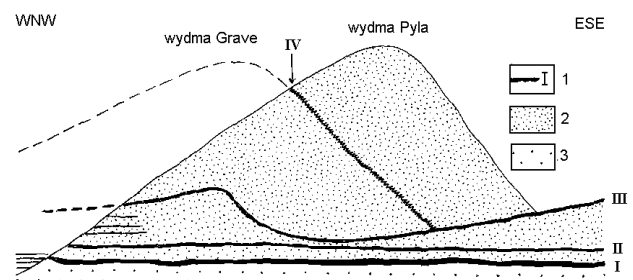
Od wielu stuleci zauważalne jest dość intensywne przemieszczanie się wybrzeża, na którym aktualnie istnieje wydma Pyla, w kierunku wschodnim (rys. 10), czego przyczyną była i jeszcze częściowo jest zarówno wspomniana wcześniej abrazja, jak i działalność prądów przybrzeżnych. Wg RIBATET (1997) w latach 1886–1894 średnie tempo przesuwania się brzegu wynosiło aż 37 m/rok, a w okresie 1875–1922 redukcja brzegu osiągnęła wartość 500 m, czyli przeciętnie 10,6 m/rok.

Od roku 1965 instytucje związane z leśnictwem oraz gospodarką wodną próbowały utrwaląc wydmy przybrzeżne, ale bez znaczącego powodzenia. Aktualnie zrezygnowano z utrwalania wydmy Pyla, ze względu na jej unikatowe znaczenie krajobrazowe, naukowe oraz turystyczne.

Na stoku proksymalnym współczesnej wydmy Pyla, wskutek działania procesów abrazyjnych, widoczne są 4 poziomy gleb kopalnych, które rozdzielają 4 serie piasków eolicznych, świadczących o etapowym rozwoju tej formy (fot. 6, rys. 9). Wspomniane gleby zostały wydatabazowane za pomocą analizy pyłkowej (PAQUERAU, PRENANT, 1961), archeologicznej (DAUTANT *et al.*, 1983) oraz radiowęglowej (FROIDEFOND, LEGIGAN, 1985).



Fot. 6. Poziomy gleb kopalnych (I–IV) na proksymalnym stoku wydmy Pyla (fot. E. Jaruchiewicz, 2008)  
Photo 6. Horizons of fossil soils (I–IV) on the windward slope of Pyla dune (phot. by E. Jaruchiewicz, 2008)

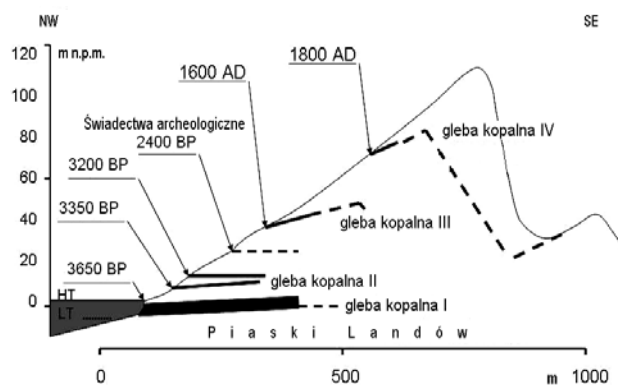


Rys. 8. Gleby kopalne w obrębie dzisiejszej wydmy Pyla (wg: FROIDEFOND, 2005)  
Fig. 8. Fossil soils in sands of Pyla dune (after FROIDEFOND, 2005)

**Gleba kopalna I**, najstarsza, jest glebą biellicową. Odsłania się przy plaży i na poziomie plaży, zwłaszcza przy niskim poziomie morza (por. rys. 8–10). Jest ułożona horyzontalnie. Składa się z grubej warstwy organicznej, która zawiera pyłki roślin oraz makroszczątki sosny, wyraźnego szarego poziomu wymywania oraz poziomu piasków żelazistych. Gleba ta zalega na podłożu piasków Landów. Badania palinologiczne wskazują, że w okresie jej funkcjonowania szata roślinna składała się z głównie z sosny zwyczajnej (*Pinus syl-*

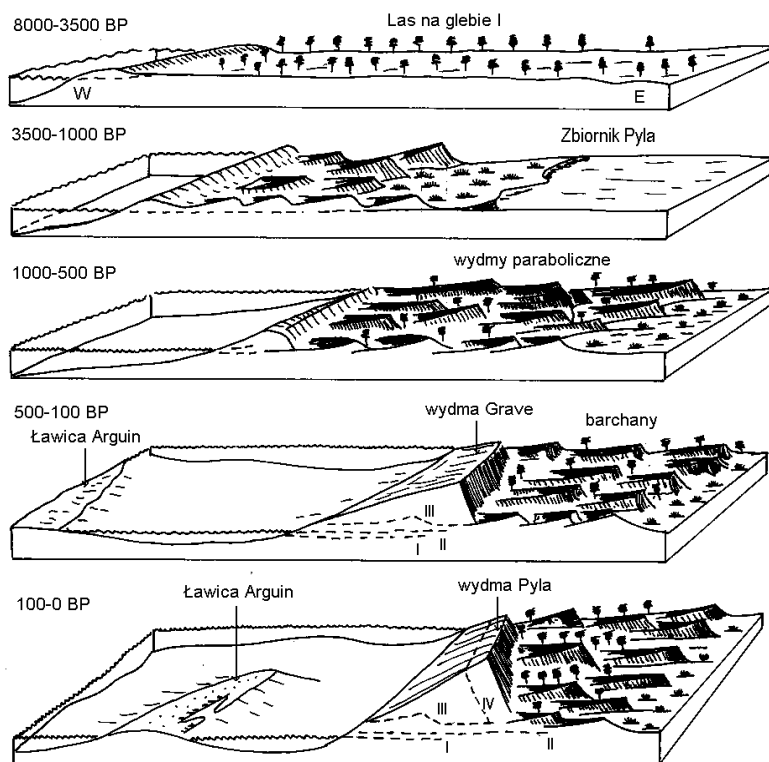
*vestris*), dębu (*Quercus* sp.), leszczyny (*Corylus* sp.), brzozy (*Betula* sp.) i olchy (*Alnus* sp.). Do tej pory nie odnaleziono śladów pobytu człowieka. Wiek tej gleby (czas jej przysypania przez nawiewane piaski) FROIDEFOND (2005) określa na  $3680 \pm 110$  BP oraz  $3460 \pm 70$  BP, FÈNIES i TASTET (2004) natomiast – w przybliżeniu na 3650 BP (por. rys. 9).

**Gleba kopalna II** (rys. 8 i 9) również jest ułożona prawie poziomo i zalega na 2–5-metrowej warstwie piasków eolicznych. W glebie tej stwierdzono obecność pyłków sosny pinii (*Pinus pinea*) oraz sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris*). Wiek tej gleby analizy radiowęglowe określają na  $2980 \pm 110$  BP oraz  $2690 \pm 70$  BP (FROIDEFOND, 2005) lub około 3000 BP (FÈNIES, TASTET, 2004). Zbieżny z tymi datami jest wiek znalezisk archeologicznych (fragmenty ceramiki), pocho-



Rys. 9. Wiek gleb kopalnych w wydmy Pyla (wg: FÈNIES, TASTET, 2004 – nieco zmienione)

Fig. 9. Age of fossil soils of Pyla dune (after FÈNIES, TASTET, 2004 – little changed)



Rys. 10. Etapy rozwoju form eolicznych w miejscu i w sąsiedztwie wydmy Pyla (wg: FROIDEFOND, 2005)

Fig. 10. Stages of aeolian landforms development in the place and the neighbourhood of the Great Dune of Pyla (after: FROIDEFOND, 2005)

dzących z VII w p.n.e. Kilka metrów powyżej charakteryzowanej gleby również znaleziono artefakt w postaci kulistej wazy o podobnym wieku (JACQUES et al., 1983).

**Gleby kopalne pośrednie** zalegają na wysokości od około 10 do około 20 m ponad plażą (por. rys. 8 i 9). Są to 2–4 nieciągłe, cienkie pasma szczątków roślinnych. Wśród nich występuje wyraźna białawo-szara warstwa fitoplanktonu, reprezentowanego przez ślod-

kowodne okrzemki (*Pinnularia*, *Epithemia*, *Rhopalodia* i in.). Ich występowanie świadczy o istnieniu zbiornika wodnego, prawdopodobnie w okresie gallo-rzymskim (rys. 10; FROIDEFOND, LEGIGAN, 1985; FROIDEFOND, 2005).

**Gleba kopalna III** (fot. 6, rys. 8 i 9) leży 20–40 m ponad poziomem plaży. Morfologia tego poziomu organicznego oraz wysokość występowania odpowiadają powierzchni wcześniej opisanych wydm parabolicz-



nych, występujących na wschód od Pyli. Gleba ta zawiera poziom próchniczny (akumulacyjny) o miąższości 10–30 cm, w którym znaleziono fragmenty pieca do wytapiania żywicy, datowanego na XVI wiek, a także sporo muszli małżów i innych skorupiaków morskich. Wiek tej gleby określa się na 1600 AD (FÈNIES, TASTET, 2004; FROIDEFOND, 2005).

**Gleba kopalna IV** występuje na wysokości 80 m n.p.m. (fot. 6, rys. 8 i 9). Stanowi ona powierzchnię dawnej wydmy Grave, znaczonej na mapach z 1863 roku. W XIX wieku przemieszczanie się materiału piaszczystego z Płw. Ferret oraz łąchy Arguin (fot. 7) w kierunku południowo-wschodnim spowodowało nadbudowanie brzegu w okolicy dzisiejszej Pyli, erozja (abrazja) natomiast wynikała z pływów oraz falowania. Uwalniała ona ogromne ilości piasków, który był przez wiatr przemieszczany – jak już zaznaczano – w kierunku południowo-wschodnim. Powstała wówczas, wspomniana wyżej, wielka ruchoma wydma de la Grave, sięgająca 80 m wysokości (rys. 8–10). Była ona porośnięta przez młody, hodowany las sosnowy, złożony głównie z sosny pini (*Pinus pinea*), w celu pozyskiwania żywicy oraz utrwalania piasków. W glebie tej, datowanej na XIX wiek (wg: FÈNIES, TASTET, 2004 – 1800 AD), również występują liczne artefakty w postaci naczyń. Jednak wzrost działalności abrazyjnej i erozyjnej pod koniec XIX wieku, a w związku z tym ogromne ilości dostarczanego materiału eolicznego spowodowały podwyższenie tej wydmy o kolejne 20 m, co dało początek współczesnej wydmy Pyla, która w 1910 roku osiągnęła wysokość 115 m n.p.m. (PASKOFF, 1997; FROIDEFOND, 2005; MUGICA *et al.*, 2010 i in.).



Fot. 7. Ławica (łącha) Arguin – widok ze stoku proksymalnego wydmy Pyla (fot. E. Jaruchiewicz, 2008)  
Photo 7. Arguin bar – view from windward slope of Pyla dune (phot. by E. Jaruchiewicz, 2008)

## Dynamika wydmy Pyla

Przemieszczanie się wydmy Pyla w kierunku południowo-wschodnim pod wpływem dominujących tu wiatrów zachodnich i północno-zachodnich było i jest badane za pomocą różnych metod. Różny jest również okres tych obserwacji.

Dostępne dane wskazują na co najmniej 4 różne metody i czas badań ruchu omawianej wydmy.

Ze wspomnianych danych wynika, że pierwsze obserwacje dynamiki wydmy Pyla rozpoczął w 1935 roku Henri Ferradou, kontynuując je do roku 1992. Podstawą określania tempa ruchu tej formy było jego odniesienie do charakterystycznych oznakowanych i nieruchomych przmiotów, którymi były wybrane sosny w zasypywanym lesie. W ten sposób stwierdzono, że w ciągu 57 lat wydma przemieściła się o 280 m, co daje średnie tempo 4,9 m/rok. Obserwacje te wykazały również, że w analizowanym czasie występowały okresy o znacznie podwyższonej dynamice, a także o wyraźnie osłabionej. Na przykład w latach 1936–1937 wydma przesunęła się o 10 m, 1965–1966 – o 7 m, 1970–1971 – o 7 m, 1988–1989 – o 7,5 m, natomiast w okresie 1961–1962 nie stwierdzono żadnego ruchu tej formy (FROIDEFOND, 2005).

Zbieżne wyniki pomiarów podaje również m. in. BUFFAULT (1942), wg którego ruch wydmy osiągał tempo 1–5 m/rok.

Prędkość przemieszczania się wydmy Pyla określano też na podstawie analizy map opracowanych przez IGN (Narodowy Instytut Geograficzny). Okres pomiarów obejmował lata 1966–1989. W ich wyniku stwierdzono, że w tym czasie wydma przesunęła się w głąb łądu na odległość od 70 do 100 m, co daje średnią wartość 3–4,3 m/rok (FROIDEFOND, 2005).

W latach 2000–2009 dynamikę omawianej formy oceniono drogą analizy map skonstruowanych na podstawie zdjęć lotniczych, przy czym założono 10-metrowy błąd pomiaru. W wyniku tych badań ustalono, że w okresie 2000–2005 najintensywniej przemieszczała się północna część wydmy (10–20 m), najmniej zaś południowa (< 10 m). W kolejnym okresie obserwacji (2005–2009) cała wydma intensywniej przemieściła się generalnie na wschód, przy czym północny fragment ponownie bardziej (20–30 m) niż południowy (10–20 m). Ostatecznie stwierdzono, że średnie przesunięcie się wydmy Pyla w kierunku wschodnim w całym analizowanym 10-leciu wyniosło 10–35 m, co daje 1–3,5 m/rok (MUGICA *et al.*, 2010).

Najnowsze pomiary ruchu omawianej wydmy (za pomocą urządzenia DGPS – *Differential Global Positioning System* firmy Trimble, umożliwiającego uzyskanie wyników z dokładnością do kilku centymetrów) wykonano w latach 2009–2010, zakładając 4 profile – od północy: *Nord*, *Lartigon*, *La Forêt* i *Sud*. W tym okresie zaobserwowano stabilizację wydmy w skrajnych partiach, tzn. części północnej i południowej, natomiast w środkowej występują dość intensywne procesy deflacji (od strony zachodniej) oraz akumulacji (od strony wschodniej). Zmianie ulega także wysokość wydmy, która wzrasta lub maleje, w zależności od strefy (–2 m na południu, –1 m w *La Forêt*, +1,5 m w *Lartigon* i +0,3 m na północy). Nachylenie stoków jest dość stabilne po obu stronach wydmy.

Przedstawione wyżej wstępne wyniki, oparte na jednorocznych pomiarach, nie pozwalają na określenie najnowszych tendencji rozwoju wydmy Pyla. Do-

piero ciągle monitorowanie omawianej formy za pomocą DGPS pozwoli za kilka lat na przedstawienie tendencji rozwojowych tej formy, intensywności procesów deflacji i akumulacji oraz objętości masy piaszczystej.

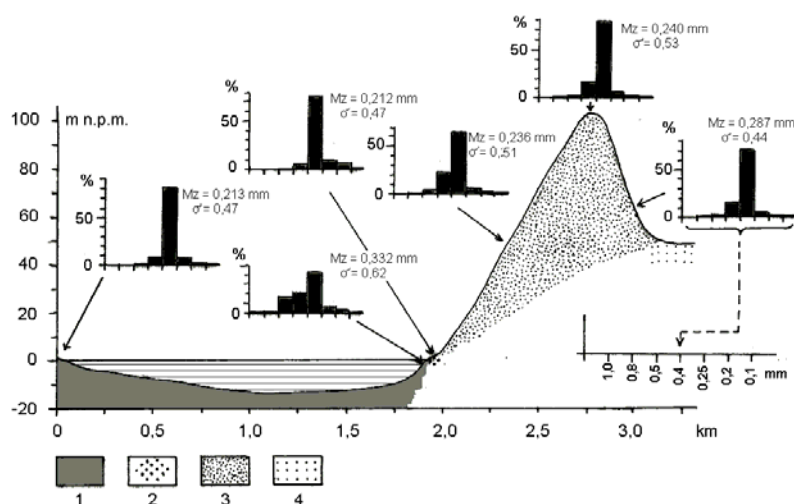
## Cechy piasków powierzchniowych wydmy Pyla na tle cech materiału źródłowego

### Skład granulometryczny

FROIDEFOND (2005 – za: Allen i Castaing, 1977) pisze, że piaski wydym nadmorskich w okolicach Arcachon (a więc i wydmy Pyla) cechują się wartością  $Mz =$

0,25 mm, materiał plażowy – 0,35–0,5 mm, natomiast morski przy plaży składa się z piasku drobno- i gruboziarnistego oraz frakcji żwirowej. Są to dane na tyle ogólne, że właściwie w ogóle nie informują o charakterze uziarnienia tych osadów. Autorzy niniejszego artykułu mają nadzieję, że przytoczone niżej fakty, chociaż także oparte na skąpych – ze względów obiektywnych – materiale, nieco uszczegółowią wiadomości odnośnie do wspomnianej cechy osadów (choćby tylko powierzchniowych), zarówno eolicznych, jak i podłoża.

**W materiale Ławicy Arguin** zdecydowanie przeważa piasek średnioziarnisty (89,4%), gruboziarnistego jest zaledwie 0,5%, a pylastego nie ma w ogóle. W związku z powyższym  $Mz$  przybiera wartość 0,213 mm, zaś stopień wysortowania  $\sigma = 0,47$  (por. rys. 11).



Rys. 11. Histogramy uziarnienia oraz wartości  $Mz$  i  $\sigma$  osadów: ławicy Arguin i morskich przy plaży (1), plaży (2), stoku proksymalnego, dystalnego i grzbietu wydmy (3); 4 – piaski Landów

Fig. 11. . Histograms of grain size distribution and values of  $Mz$  and  $\sigma$  in deposits of: Arguin bar and maritime near the beach (1), beach (2), windward, leeward slopes and dune crest (3); 4 – sands of Landes

**Osady morskie przy plaży** są również budowane głównie przez piasek średnioziarnisty, który występuje tu w ilości nieco mniejszej (66,2%) niż w przypadku Arguin, nieporównanie więcej jest piasku gruboziarnistego – 20,5%, pylasty natomiast jest reprezentowany w ilościach śladowych (0,2%). Taki skład osadów daje średnią wartość  $Mz = 0,332$  mm, a więc wyraźnie wyższą w porównaniu z poprzednim przypadkiem, nieco gorszy jest stopień wysortowania tego materiału, ponieważ określa go wartość  $\sigma = 0,47$  (rys. 11).

**Utwory plaży** są także zdominowane przez piasek średnioziarnisty, stanowiący 83,0% całej masy, piasku gruboziarnistego jest tyle samo (0,4%), co w ławicy Arguin, pylastego natomiast tyle co w piaskach przybrzeżnych (0,2%). Średnia średnica ziaren wynosi tu zatem  $Mz = 0,212$  mm, a więc jest analogiczna, jak

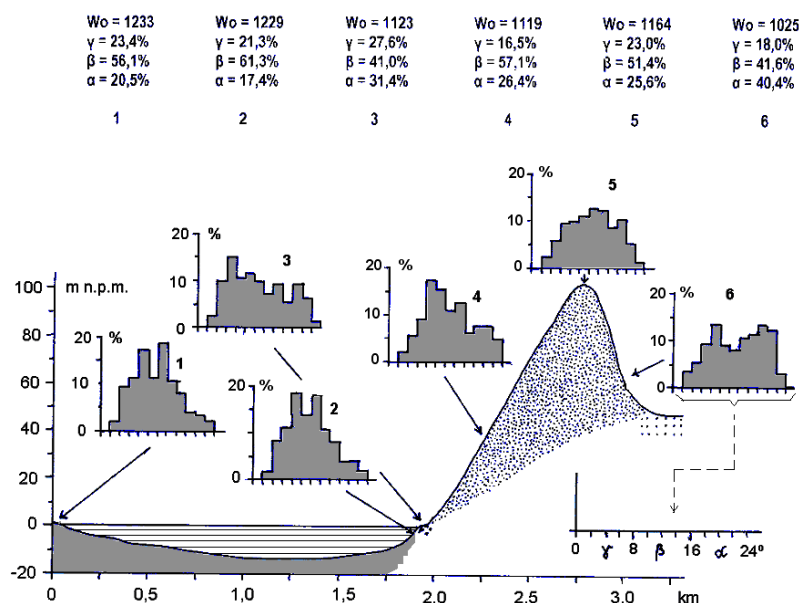
w przypadku Arguin, stopień wysortowania natomiast – identyczny ( $\sigma = 0,47$ , por. rys. 11).

**Piaski wydymowe** cechują się – biorąc pod uwagę główne elementy morfologiczne wydmy poprzecznej – pewnym zróżnicowaniem w przestrzeni. Zatem:

- na *stoku proksymalnym* piasek średnioziarnisty występuje w średniej ilości 89,4%, piasku gruboziarnistego jest 2,8%, pylastego natomiast – zaledwie 0,1%. Wartość  $Mz$  wynosi więc 0,236 mm, stopień wysortowania materiału –  $\sigma = 0,51$  (por. rys. 11);
- na *grzbiecie wydmy* w identycznych ilościach (89,6%) występuje piasek średnioziarnisty, nieco mniej jest gruboziarnistego (1,8%) i tak samo mało (0,1%) – pylastego. Średnia średnica ziaren sięga tu zatem wartości  $Mz = 0,240$  mm, wysortowanie natomiast –  $\sigma = 0,53$  (por. rys. 11);

- na *stoku dystalnym* wydmy Pyła ponownie dominuje piasek średnioziarnisty w ilości 88,9%, gruboziarnisty występuje w ilości 2,3%, pylastego jest rów-

nież bardzo mało (0,2%). Zatem  $M_z = 0,287 \text{ mm}$ ,  $\sigma = 0,44$  (por. rys. 11).



Rys. 12. Cechy obróbki mechanicznej ziaren kwarcu osadów: ławicy Arguin (1), morskich przy plaży (2), plaży (3), stoku proksymalnego (4), grzbietu wydmy (5) i stoku dystalnego (6); pozostałe objaśnienia – por. rys. 11

Fig. 12. Features of quartz grain abrasion in deposits of: Arguin bar (1), maritime near the beach (2), beach (3), windward slope (4), dune crest (5) and leeward slope (6); remaining explanations – compare fig. 11

#### Stopień obróbki piasków

Główne cechy mechanicznej obróbki ziarna kwarcowego analizowanych osadów morskich, plażowych oraz eolicznych przedstawiono na rys. 12. Wykonane analizy wskazują, że stopień obróbki piasków pochodzących z różnych środowisk nie jest zbyt zróżnicowany, przy czym jest on dość dobry. Wskazują na to zarówno wartości wskaźnika Wo, jak i zawartość poszczególnych typów ziaren. Należy zauważyć, że osady morskie są – ogólnie – lepiej obtoczone od plażowych i wydmy, które pod tym względem wykazują duże podobieństwo.

Wyniki analizy morfoskopowej potwierdzają powyższe spostrzeżenia: w osadach morskich ziarna okrągłe RM i EL stanowią w sumie od 29,0 do 35% (w tym EL: od 6 do 8,7%), podobnie w utworach plażowych oba typy ziaren okrągłych stanowią 32% (EL – 9%). Z kolei w piaskach eolicznych ziaren okrągłych jest dość wyraźnie mniej: w sumie 21,3–22,6%, typu EL – 1,7–4,2%. We wszystkich osadach brak jest ziaren ostrokrawędzistych typu NU, zdecydowanie dominują natomiast ziarna EM, przy czym w utworach morskich ich udział sięga 55–71%, w plażowych – 68%, w wydmy – 77,4–78,7%.

#### UWAGI KOŃCOWE

Na piaszczystym wybrzeżu Akwitania występują obok siebie wydmy różnego wieku: od starych utrwalonych,

obecnie śródlądowych, po współczesne ruchome. Układają się one w charakterystyczne morfologiczne pasy, jakich nie spotyka się choćby na mierzejach w innych częściach Europy. Zupełnie inny układ wydmy rozwinął się na Mierzei Słowińskiej, a także na Mierzei Kurońskiej, gdzie – owszem – mamy do czynienia z pasowym układem form eolicznych, ale wynikającym z wielowiekowej wędrówki wydmy nadbrzeżnych zgodnie z dominującymi wiatrami (GUDELIS, MICHALIUKAITĖ, 1976). Najbardziej charakterystyczna dla Akwitania wydma Pyła jest najwyższą tego typu formą w Europie i nie dorównują jej pod tym względem ani wydmy na wspomnianej Mierzei Słowińskiej (Wydma Łącka – około 42 m n.p.m.), ani na Mierzei Kurońskiej (Vecekrugo – 67,2 m n.p.m.). Te zróżnicowane wysokości wynikają z różnej obfitości dostawy materiału źródłowego.

Wpływ działalności wiatru na cechy współczesnego materiału wydmy Pyła dotyczy głównie uziarnienia, chociaż zauważalny jest też w przypadku obróbki piasków. Materiał eoliczny jest generalnie nieznacznie grubszy w stosunku do utworów wyjściowych, jest jednak nieco gorzej przesortowany. Zauważalna jest też tendencja do wzrostu gruboziarnistości tych piasków wraz z kierunkiem działania wiatru. Niestety, ze względu na niewielką liczbę analizowanych próbek materiału, nie można stwierdzić, czy ta tendencja ma istotne znaczenie statystyczne.

Stopień obróbki materiału piaszczystego wydmy jest niższy w stosunku do utworów wyjściowych. Te ostatnie są dobrze obtoczone, co ma związek z wielokrotnym ich przemieszczaniem przez prądy przybrzeż-

ne i falowanie. Piaski wydmore natomiast zawierają więcej ziaren ostrokrawędzistych, nieobtoczonych, co z kolei może wynikać z selektywnego transportu wiatrowego, przenoszącego ziarna o sumarycznie większej powierzchni, a więc ostrokrawędziste.

## LITERATURA

- Atlas de Gironde. Association Géographie Active. Bordeaux, 1993.
- Barrère P., 1963: Morphologie de la France. T. 1. Bassin Aquitain. AGEB, Bordeaux.
- Barrère P., 1978: Etude morphologique et sédimentaire de la côte Atlantique de la Saintonge de la Pointe de Sud, de l'île d'Orléan, à la Pointe de la Coubre. Thèse 3 cycle Univ. Bordeaux I.
- Bassin d'Arcachon, 1:25 000, Carte de Randonnée 1337 ET. Institut Géographique National, Paris, 2002.
- Cailleux A., 1942: Les actions éoliennes périglaciaires en Europe. Soc. Géol. France. Mém. Nouv. Sér., 21, 1–2, Mém., 46: 176 s.
- Dautant A., Jacques Ph., Lesca-Seigne A., Seigne J., 1983: Découvertes protohistoriques récentes près d'Arcachon (Gironde). Bulletin de la Société Préhistorique Française, 80, 6: 188–192.
- De Laitre M., Viguière J., Giroussens M., Caruassco C., 1997: Le littoral de la Gironde – évolution passé et future. Actes du Colloques Bordomer. Aménagement et protection d'environnement littoral. Bordeaux.
- Faugères J. C., Cuignion R., Fenies H., Gayet J., 1986: Caractères et facteurs d'un comblement littoral à l'holocène supérieur: passage d'un domaine estuarien à un domaine lagunaire (Bassin d'Arcachon, France). Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine, 39. Bordeaux: 95–116.
- Froidefond J.-M., 2005: La dune du Pyla – Évolution, histoire officielle. <http://www.dune-pyla.com/>
- Froidefond J.-M., Legigan Ph., 1985: La Grand Dune du Pilat et la progression des dunes sur le littoral Aquitain. Bulletin de l'Institut géologique du Bassin de l'Aquitaine, 38. Bordeaux: 69–79.
- Gudelis V., Michaliukaitė E., 1976: Drevniye parabolicheskiye diuny kosy Kurshiu niariya. Geographia Lithuanica, 14: 59–63.
- Jacques Ph., Dautant A., Lesca-Seigne A., Seigne J., 1983: Un niveau protohistorique. In: Le Bassin d'Arcachon. 3000 ans d'histoire. Société Historique et Archéologique d'Arcachon. Bull., 36. Arcachon: 24–32.
- Jaruchiewicz E., Szczypek T., 2010: Rozwój oraz współczesny stan Basenu Arcachon w zachodniej Francji. Acta Geographica Silesiana, 7. WNoZ UŚ, Sosnowiec: 31–42.
- Krygowski B., 1964: Graniformametrii mechaniczna – teoria, zastosowanie. Prace Kom. Geogr.-Geol., 2, 4. PTPN, Poznań: 112 s.
- Maleval V., 1997: L'évolution des rivages du bassin d'Arcachon: de la pointe de Cap Ferrer à la limite communale d'Audenge. Université Bordeaux III.
- Manaud F., 1971: L'évolution morphologique récente du bassin d'Arcachon. Thèse de troisième cycle. Bordeaux III: 102 s.
- Michel D., Howa H., 1997: Morphodynamique d'une embouchure lagunaire dans un environnement à énergie mixte. Actes du Colloque Bordomer, Aménagement et protection de l'environnement littoral. Bordeaux.
- Mugica J., Hoareau A. avec la collaboration de Caperan F., Malcuit E., Druon J., Schaubes N., Vidal V., 2010: Mise en place du suivi de l'évolution récente de la Grande Dune du Pilat. BRGM/RP–59228–FR: 28 s.
- Papy L., Barrère P., 1982: Atlas et géographie du Midi atlantique. Flammarion, Paris: 428 s.
- Paquereau M., Prenant A., 1961: Note préliminaire à l'étude morphologique et palynologique de la Grand Dune du Pilat (Gironde). P. V. Société linéenne. Bordeaux, 98: 12 s.
- Paskoff R., 1997: Typologie géomorphologique des milieux dunaires européens. In: Biodiversité et protection dunaire. Actes du colloque de Bordeaux. Lavoisier Tec et Doc, Paris: 198–219.
- Pellegrin J. Ch., Comrèges M., Herand Pina M. A., 1994: Exemple d'application de la télédétection à l'étude morphologique d'un littoral sableux: le Cap Ferret et les passes du Bassin d'Arcachon. Trav. Lab. Geo., 12. Bordeaux.
- Racinowski R., Szczypek T., Wach J., 2001: Prezentacja i interpretacja wyników badań uziarnienia osadów czwartorzędowych. Skrypty UŚ, 579. Wyd. II poprawione i uzupełnione. UŚ, Katowice: 146 s.
- Ribatet G., 1997: L'évolution du trait de côte du littoral Atlantique de la Seudre à l'Adour depuis l'époque historique. Trav. Lab. Géo. Phys. Appl., 15. Bordeaux: 25–43.